

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

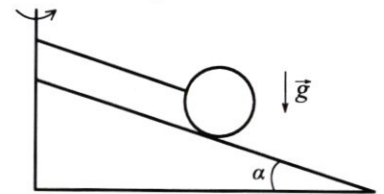
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

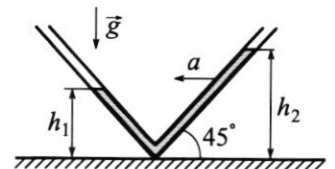


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



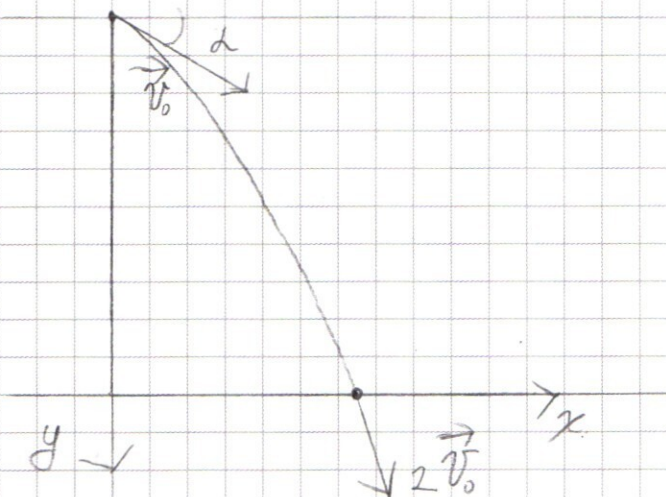
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$$1) v_{1x} = v_0 \cos \alpha, \quad v_{1y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{2x} = v_{1x}$$

$$12 v_0^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2$$

$$v_{2y} = \sqrt{4v_0^2 - v_{2x}^2} = v_0 \frac{\sqrt{15}}{2} \approx 18 \text{ м/с}$$

$$2) v_{1y} + gt = v_{2y}$$

$$t = \frac{v_{2y} - v_{1y}}{g} = 1,3 \text{ с}$$

$$3) h = v_{1y} t + \frac{gt^2}{2} \approx 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) 18 м/с; 2) 1,3 с; 3) 15 м.

2.



$$1) N = mg + Mg = 3mg$$

$$2) 2F_0 = MN, \quad F_0 = \frac{3Mmg}{2}$$

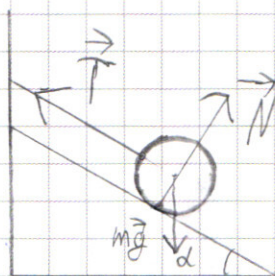
$$3) 2F - 3mgM = 3ma, \quad a = \frac{2F - Mg \cdot 3m}{3m}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - \mu mg \cdot 3}}$$

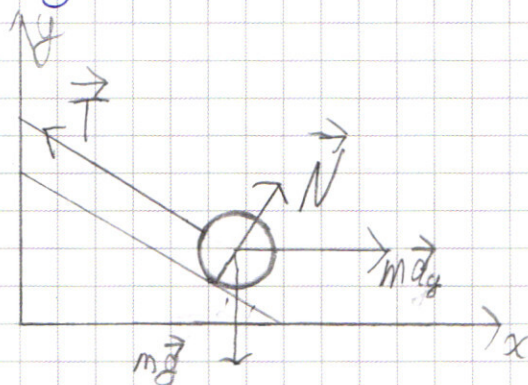
Ответ: 1) $3mg$; 2) $\frac{3\mu mg}{2}$; 3) $\sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$.

3. 1)



$$N = mg \cos \alpha$$

2)



$$a_y = \omega^2 r = \omega^2 \cos \alpha (L + R)$$

$$mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$ma_y = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$mg \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = N \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + T \cos \alpha$$

$$mg \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - ma_y = N \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right)$$

$$mg \cos \alpha - ma_y \sin \alpha = N$$

$$N = mg \cos \alpha - m \sin \alpha \cos \alpha \omega^2 (L + R)$$

Ответ: 1) $mg \cos \alpha$; 2) $mg \cos \alpha - m \sin \alpha \cos \alpha \omega^2 (L + R)$

5. 1) $V_n P = \frac{m_n}{\mu} R T$

$$P = \frac{p_n}{\mu} R T$$

$$p_n = \frac{\mu P}{R T} = \frac{3550 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300} \approx 0,08 \text{ кПа} - \text{плотность пара}$$

$$\frac{p_n}{p_B} = 0,00008$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

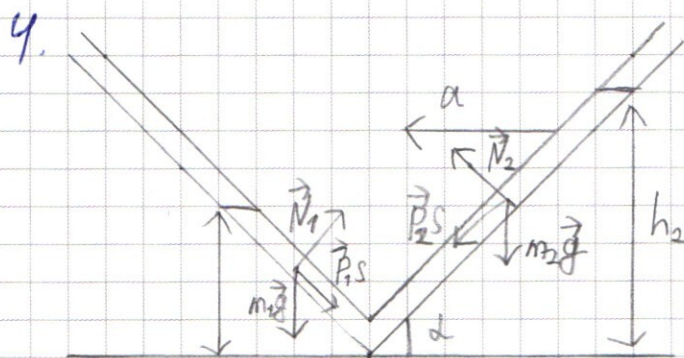
2) $V_h = \frac{V}{\gamma}$ — объем пара, где V — начальный объем пара

$m_B = (V - \frac{V}{\gamma}) \rho_h$ — масса воды

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = V \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \frac{\rho_h}{\rho_B}$$

$$\frac{V_h}{V_B} = \frac{\rho_B}{\rho_h (\gamma - 1)} \approx 2717$$

Ответ: 1) 0,0008; 2) 2717.



1) $m_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} S \rho_{\text{ж}}$, где S — поперечное сечение трубки,
 $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости

$$m_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} S \rho_{\text{ж}}$$

$$(m_1 + m_2) a = (P_2 S - P_1 S) \sin \alpha + (N_2 - N_1) \sin \alpha$$

$$P_2 = \rho_{\text{ж}} g h_2 \sin \alpha$$

$$P_1 = \rho_{\text{ж}} g h_1 \sin \alpha$$

$$N_2 = m_2 g \sin \alpha = \frac{h_2}{\sin \alpha} S \rho_{\text{ж}} g \sin \alpha = h_2 S \rho_{\text{ж}} g$$

$$N_1 = m_1 g \sin \alpha = h_1 S \rho_{\text{ж}} g$$

$$S \rho_{\text{ж}} a \left(\frac{h_1 + h_2}{\sin \alpha} \right) = S \rho_{\text{ж}} g \sin \alpha (h_2 - h_1) + S \rho_{\text{ж}} g \sin \alpha (h_2 - h_1)$$

$$a(h_1 + h_2) = g \sin^2 \alpha (h_2 - h_1) + g \sin^2 \alpha (h_2 - h_1)$$

$$a(h_1 + h_2) = g(h_2 - h_1)$$

$$h_2 = 23,3 \text{ см}$$

2) ~~$h_2 \leftarrow h_3 = \frac{h_2 + h_1}{2} = 15,6 \text{ см}$ — высота уровней масла при равновесии~~

~~$$h_3 - h_1 = \frac{v^2}{2\alpha}$$~~

~~$$v \approx 6,8 \text{ см/с}$$~~

~~Ответ: 1) $h_2 = 23,3 \text{ см}$; 2) $v = 6,8 \text{ см/с}$.~~

$$\alpha(\Delta h) = g \frac{\Delta h}{h_1 + h_2}$$

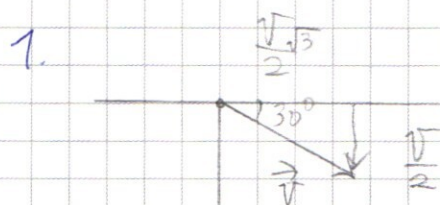
В данном случае Δh изменяется от $h_2 - h_1$ до 0, поэтому

$$h_3 - h_1 = \frac{v^2}{2 \frac{\alpha}{2}}$$

~~$$v \approx 5,2 \text{ см/с}$$~~

Ответ: 1) $23,3 \text{ см}$; 2) $5,2 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



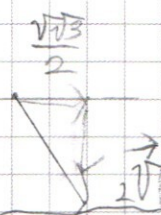
$$\frac{V}{2} + V_0 g t = V_0$$

$$g t = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = 1,3 \text{ с}$$

$$3) S = \frac{V}{2} t + \frac{g t^2}{2} =$$

$$6,5 + \frac{16,9}{2} \approx 15 \text{ м}$$



$$3.2) m a_y = m r \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r =$$

$$m \omega^2 \cos \alpha (L + R)$$

$$m g = N \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$m a_y = N \sin \alpha + T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$m g \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = N \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + T \cos \alpha$$

$$m g \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} - m a_y = N \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha \right)$$

$$m g \cos \alpha - m a_y \sin \alpha = N (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)$$

$$N = m [g \cos \alpha - a_y \sin \alpha \cos \alpha \omega^2 (L + R)]$$

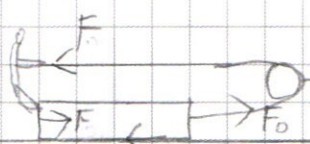
$$1) \frac{(V\sqrt{3})^2}{2} + V_0^2 = 4V^2$$

$$\frac{V^2}{4} + V_0^2 = 4V^2$$

$$V_0^2 = \frac{13}{4} V^2$$

$$V_0 = \frac{\sqrt{13}}{2} V \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2.



$$1) F_0 = g(m + M) = 3mg$$

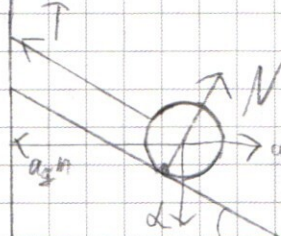
$$2) 2F_0 = 3mg\mu, F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$$

$$3) F - F_0 = a 3m, a = \frac{F - F_0}{3m}$$

$$2F - 3mg\mu = a 3m, a = \frac{2F}{3m} - mg = \frac{2F - \mu g 3m}{3m}$$

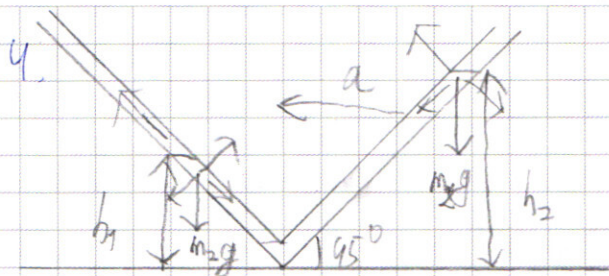
$$\frac{a t^2}{2} = S, t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6S 3m}{2F - \mu g 3m}}$$

3. 1)



$$N \cos \alpha \cdot mg = N, N =$$

$$\sin \alpha \cdot mg = T$$



$$h_2 + h_1 = 16,6 \text{ м}$$

$$\Delta h g = (h_1 + h_2) a$$

$$a = \frac{\Delta h}{h_1 + h_2}$$

$$a_{\text{max}} = \frac{13,3 \text{ м}}{33,3 \text{ м}} g =$$

$$\frac{\frac{4}{3}}{\frac{10}{3}} = \frac{4}{10} g = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$s = \Delta h \sin \alpha = \frac{\Delta h}{2}$$

$$\Delta h = \frac{v^2}{2a}$$

$$h_1 = 0$$

$$18 \cdot 8 = v^2$$

$$3 \cdot 4 = v^2$$

$$h_2 - h_1 = 2h_2 - 2h_1$$

$$\Delta h \sin \alpha = \frac{v^2}{4}$$

$$v_1 = \frac{40 \text{ м}}{\sqrt{21}} \text{ с} \approx$$

$$(40 + \frac{40}{3}) \sin \alpha = v_1^2$$

$$\frac{160}{3} \sin \alpha = v_1^2 = \frac{1600}{9} \approx 177,8 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$(m_2 - m_1) \sin \alpha g = a(m_1 + m_2) \sin \alpha$$

$$m_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho$$

$$\begin{matrix} 30 \\ 0,4 \\ 21 \end{matrix}$$

$$m_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \rho$$

$$m_2 - m_1 = \frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \rho$$

$$\frac{h_2 - h_1}{\sin \alpha} \sin \alpha g \rho = a \frac{h_2 + h_1}{\sin \alpha} \rho$$

$$(h_2 - h_1) \frac{1}{2} g = a(h_2 + h_1)$$

$$h_2 - h_1 = 0,4h_2 + 0,4h_1$$

$$h_2 - h_1 = 0,8h_2 + 0,8h_1$$

$$0,6h_2 = 1,4h_1$$

$$0,2h_2 = 1,8h_1$$

$$h_2 = \frac{14}{6} h_1 = 23,3 \text{ м}$$

$$h_2 = 9h_1 = 90 \text{ см}$$

$$h_1 + h_2 = 5 \cdot 0,7(h_2 - h_1) = 3,5h_2 - 3,5h_1$$

$$(h_1 + h_2) a = 2g(h_2 - h_1) \sin \alpha \quad 4,5h_1 = 2,5h_2$$

$$(m_2 - m_1) g \sin \alpha = 676$$

$$(m_1 + m_2) a = (m_2 - m_1) g \sin \alpha + (m_2 - m_1) \sin \alpha g$$

$$(m_1 + m_2) a = (m_2 - m_1) g$$

$$13,3 \text{ м} = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$\frac{1250000}{46} = 27174$$

$$0,4 \quad v_1 = 4 \sqrt{\frac{20}{3}} \approx 10,4$$

$$\frac{40}{3} \cdot 8 = v_1^2$$

$$48 \cdot \frac{20}{3} = v^2$$

$$5 \cdot VP = vR$$

$$1) p = \frac{p_m}{M} RT$$

$$p_m = \frac{pM}{RT} = \frac{3550 \cdot 0,018 \text{ моль}}{8,31 \cdot 300} = \frac{3 \cdot 5,5 \cdot 0,018}{8,31} = \frac{0,2639}{8,31} \approx 0,008 \text{ кПа/м}^3$$

$$\frac{p_m}{p} = 0,00008$$

$$4 \cdot \sqrt{\frac{10}{3}} = 6,8$$

$$2 \sqrt{\frac{20}{3}} = 5,2$$

$$2) \gamma VP = \frac{m_1}{M} RT$$

$$V_h = \frac{V}{\gamma}, \quad V_g = V(1 - \frac{1}{\gamma}) \frac{p_h}{p_g}$$

$$V_h p = \frac{m_2}{M} RT$$

$$\frac{V_h}{V_g} = \frac{p_h}{p_g} = \frac{\frac{p_h}{p} V}{\frac{p_g}{p} V(1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{p_h}{p_g(\gamma - 1)} = \frac{1}{0,00008 \cdot 4,6} =$$



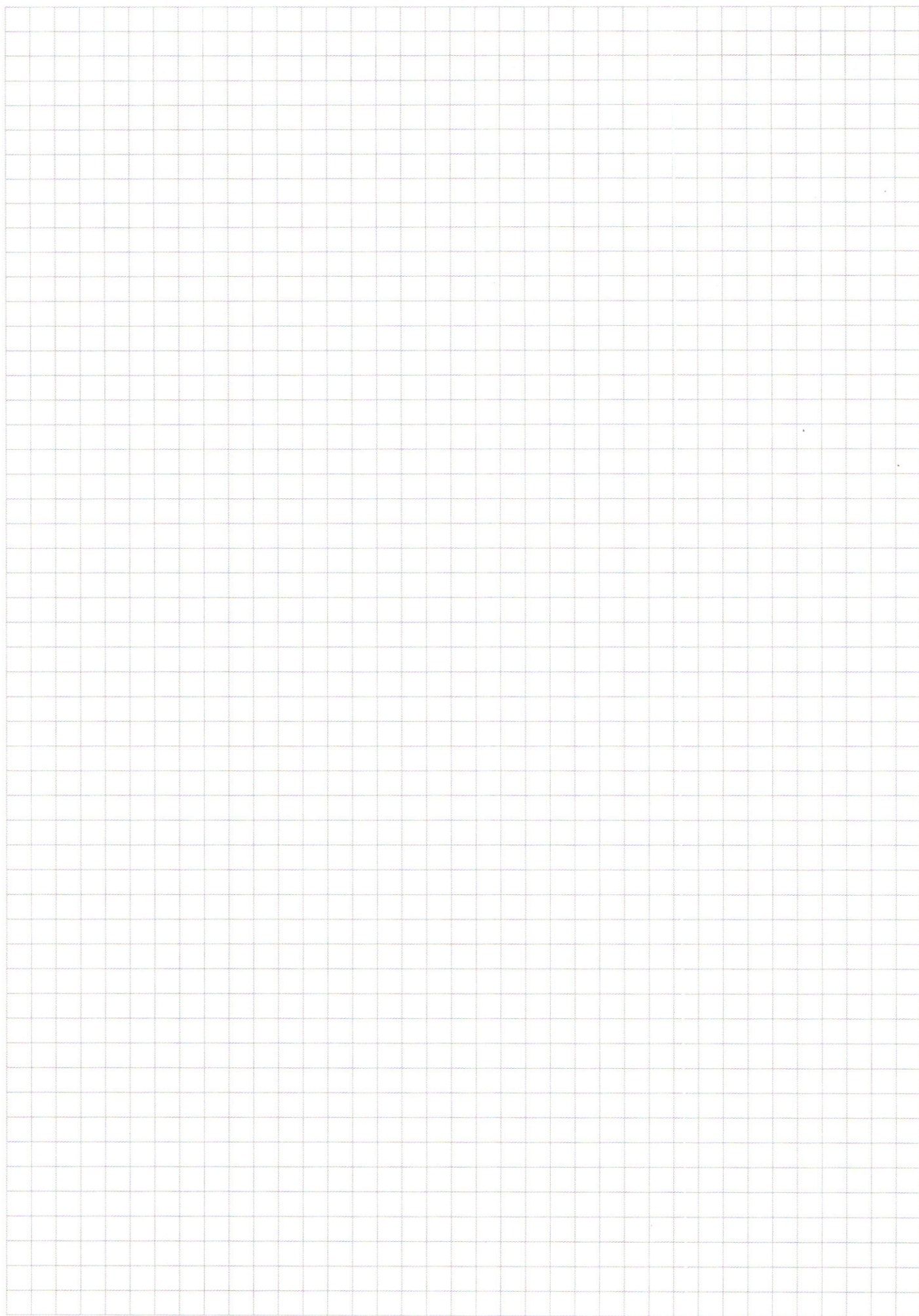
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

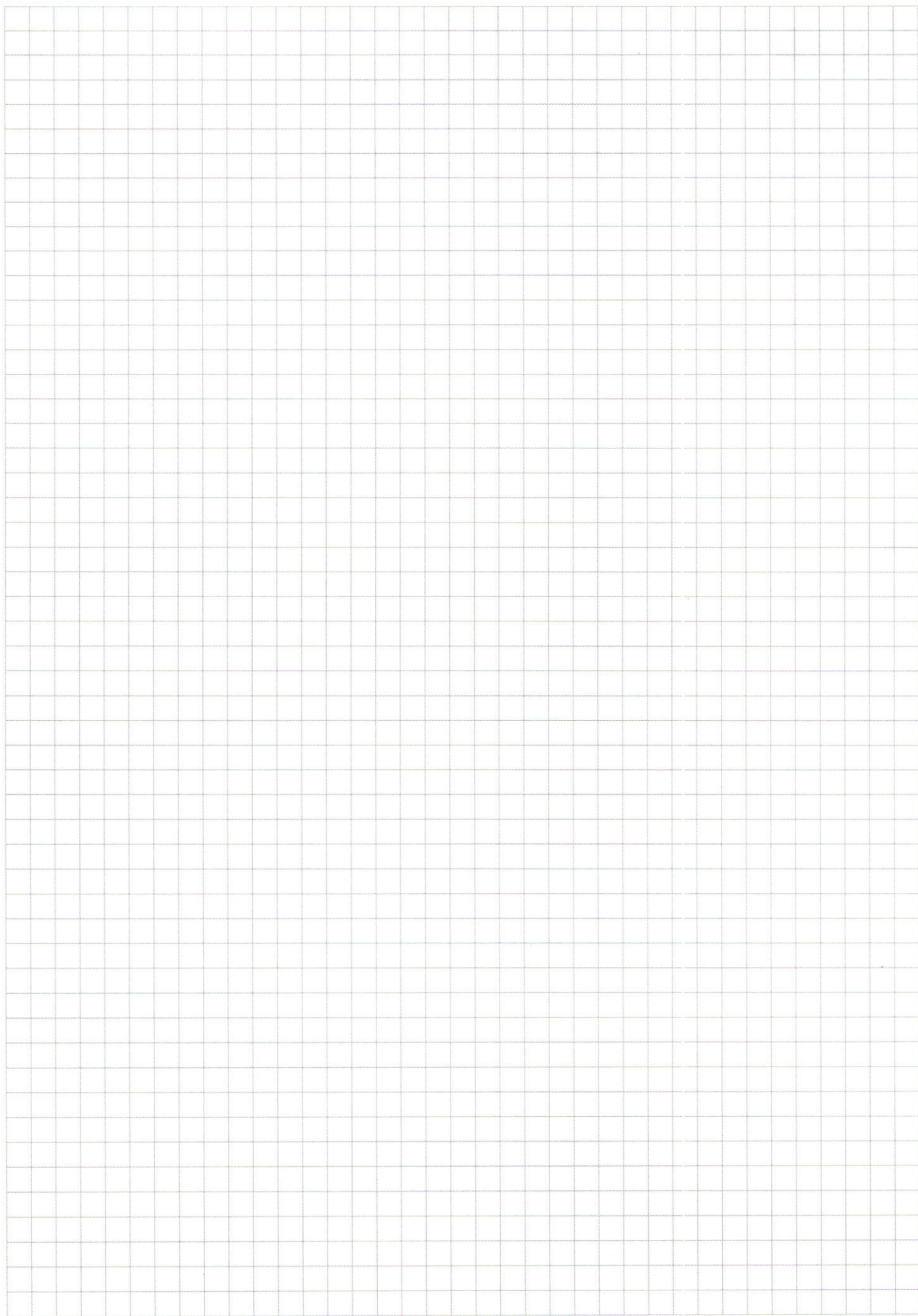
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)